

# 名古屋市営バスの最適化

－ 乗り換えを考慮して －

M2005MM038 安江 清司

指導教員 伏見 正則

## 1 はじめに

卒業論文において、慢性的に発生している道路渋滞を解消するため、幾何学的手法を用いて道路網の容量が不足している箇所を調べ、新規に敷設すべき道路計画を提示した。

しかし、この論文は非常に抽象的なものであり、道路を敷設するには予算面や地域性などの理由により、現実化することは非常に難しい。

そこで本論文は、道路を改善するという視点を変更して、利用者の減少に悩まされている名古屋市営バスの有効性を向上させ、自家用車利用者の数を減少させて道路渋滞を解決することを目的とする。

## 2 中京都市圏の交通事情

国内の三大都市圏の中で、中京都市圏は群を抜いて自動車依存率が高い(図1)。

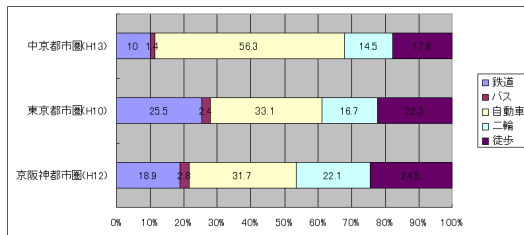


図1 三大都市圏における代表交通手段別トリップ数の構成比(発生集中量)

公共交通の利用率が東京・京阪神の5割なのに対し、自動車の利用率は2倍となっている。特に、名古屋市外の周辺部においては、自動車利用割合が60%以上を示している。

中京都市圏は過去30年間で、代表交通手段(移動に使われた交通手段の中から、鉄道>バス>自動車>二輪車>徒歩の順)を自動車とする人が急増している。その一方で、バスと徒歩は急激な減少をしている。

過去10年を見ると、この傾向は東京・京阪神の両都市圏についても見られることだが、中京都市圏はさらに前から、この傾向にある。

この10年間で、中京都市圏のトリップの伸びが平均1.09倍であるのに対し、自動車トリップの伸びは1.24倍と大きく伸びており、代表交通手段が公共交通機関から自動車に推移し、モータリゼーション化が進んでいることが裏付けられている。

この動きは加速する一方であることが予測されている。

## 3 名古屋市営バスの現状

名古屋市営バスは、市内の国道の特徴でもある広い道路の一部をバス専用レーンや優先レーンとしたり、専用的高架レーンをバスが走行するガイドウェイバスシステムを導入したりと、全国的に見ても珍しい路線を敷いている区間があり、道路渋滞の影響を可能な限り回避し、時刻表を遵守した営業が可能となるよう工夫がされている。

しかし、2004年の1年間で約20億円の赤字が発生している(表1)。161ある路線の中で黒字は6路線のみで、残りの155路線は全て赤字である。1日の乗客は10年前と比べて4割減の32万人に落ち込んでいる[1]。

表1 市営バス・過去5年間の収支の推移

	H13	H14	H15	H16	H17
収入	316	316	300	288	249
支出	371	371	346	310	252
収支	-55	-55	-46	-22	-3

(単位: 億円)

その理由として、路上駐車取締りが厳しくなり利用率・値段共に高くなった有料駐車場や、現在高騰しているガソリン代等を負担しても、名古屋市や愛知県は自動車を利用したほうが便利で経済的である場合が多いことが影響しているのではないと思われる。

名古屋市交通局は市バスの現状を市民に理解してもらうために、各路線の営業係数(100円の収入を得るために費用がどれだけかかるかを示す数値)を公表し、人件費の抜本的な効率化や経費等の削減に取り組んでいるが、本質的な改善策とはなっていない。

## 4 全国の自治体の対応

2002年2月1日に道路運送法が改正されたことにより、路線バス事業者はバス路線の廃線について原則として6ヶ月前までの事前届出のみで行なうことが可能となった。これによりバス事業者の参入・撤退が原則的に自由になり、バス利用の低い地域や赤字路線を抱えている地域においてバス路線の廃線や事業の縮小が促進され、各地で交通の便が悪化している。

そこで、全国の各自治体では、住民の交通手段確保のために様々な対応をしている。中でも数多くの自治体で急

速に導入されているのはコミュニティバスである。このバスは中型～小型のバスで、従来のバスより燃費を抑えらるとともに、大型バスでは走行することが難しかった道を走行することが可能となっている。

運営路線は住宅地と役場、病院、鉄道の駅等を結んだ循環路線が多く、遠回りになることもあるが目的地に辿り着くことが出来るため、交通弱者を中心に評判が良い。

一方、名古屋市営バスでは数多くの系統（路線）と停留所があるが、最寄りの停留所から目的地に簡単に行けるかと言えばそうではなく、緑区役所や緑市民病院に行きたくても緑区北部の住民にとっては非常に不便になっている。

## 5 利用度向上にむけて導入する方法

地下鉄と異なり、市バスは乗り換えをすると再度料金（200円）を支払わなければならない。つまり、一度乗り換えただけで400円の費用が発生してしまう。トランパス（1枚のカードで市バス・地下鉄、名鉄バス、名鉄電車、名古屋臨海高速鉄道（あおなみ線）、リニモで支払い可能な共通利用システム）を利用すると、90分以内の乗り換えであれば80円の割引が適用されるが、名古屋市交通局サイトの料金案内ページや、地下鉄の駅などで配布されている路線図のパンフレット等にこの割引ははっきりと示されていないほか、乗り換え表示システムでも割引されない料金が表示されるため、広く知られていない。

そこで地下鉄同様に、市バスも乗り換えが可能であると仮定することによって、どれだけの効用が得られるかを調べたい。

この方法の利点としては、

- 現在の路線は全て維持したまま、行動範囲を大幅に増やすことが可能となり、利便性が高くなる。
- 複数の系統が通っている停留所は、採算性の悪い系統を廃止しても、以前と同じ料金で目的地に行くことが可能である。

地下鉄と比較するとダイヤが密ではない市バスでは、何度もバスを乗り換えることは得策ではないと考えられるため、一度だけ乗り換えを無料でできると仮定し、選択可能な地下鉄の駅を増やす場合と、現在ほとんどの人がそうしているであろう、一度も乗り換えをしない場合を比較する。

## 6 現在のバス路線の評価

### 6.1 対象地域と評価方法

本研究では、名古屋市天白区の鶴舞線以南と緑区に含まれる200の停留所を対象とする（図2）。

これらのバス停から公共交通手段と自家用車で名古屋市中村区の名古屋駅まで向かう際にかかる時間と費用を算出した。なお、ラッシュ時（7時台～9時台）は公共交通機関のダイヤが密であり、道路も1日の中で最も混雑しているため、1日全体とは別にこの時間帯のみも計算した。



図2 対象地域

### 6.2 所要時間（乗り換え不可・乗り換え可）の計算方法

#### 6.2.1 公共交通手段

2006年3月31日に改正された現在の時刻表を用いて、目的地まで何分必要かをexcelで求める。バスは時刻表通りに運行されるものと仮定し、乗り換えの際、停留所での待ち時間等も平均をとって考慮した。時間を求める際には、以下のような定義をした。

[バス到着を待つ時間]

$$\text{待ち時間(分)} = \frac{\text{対象時間に来るバスの総本数}}{\text{対象時間}} \times \frac{1}{2}$$

対象時間は、ラッシュ時（7時台～9時台）、1日を通して（始発～最終発）とする。停留所にて待つ時間は、バスの到着間隔のおよそ半分であるとする。

[バス乗車時間]

同じくラッシュ時（7時台～9時台）と1日通してを対象とし、各停留所から乗り換えなしで行くことが可能な地下鉄の駅までの時間を計算する。

$$\text{乗車時間(分)} = \frac{\text{目的地までに辿り着く時間の総計}}{\text{対象時間内に来るバスの総本数}}$$

バスの平均乗車時間を乗車時間とする。

なお、朝のラッシュ時や夕方の帰宅ラッシュ時は一部区間において時刻表の間隔に差があり、昼の時刻表とは目的地までの所要時間が大きく異なる場合があるため、平均を取るようにした。

[バス降車場から名古屋駅まで]

名古屋市交通局によると、バス降車場から地下鉄ホームまで、地下鉄乗り換えの際のホームからホームまでの所要時間等は個人差があるので計測しておらず、距離も詳細は不明とのことより、実際に標準的な速度で歩いて、所要時間を計測した。

地下鉄のホームまでの所要時間については、ホームのほぼ中心を計測点としている。

地下鉄を待つ時間はバス同様である。

地下鉄の乗車時間は、[1]を参考とした。

以下はその結果である（表2）。

#### 6.2.2 自家用車

対象地域内において、バスが走行可能な主要道路のほぼ全てをいずれかの系統が走行し、停留所も短い間隔で

表 2 バス降車場から名古屋駅までの所要時間 (単位: 分)

駅名	ラッシュ時	1日を通して
平針 (伏見経由)	33.19	34.82
原 (伏見経由)	32.43	34.12
植田 (伏見経由)	29.23	30.92
塩釜口 (伏見経由)	28.46	30.16
八事 (伏見経由)	28.74	30.44
野並	32.26	33.33
新瑞橋	25.16	26.23

設置されている。そこで、各停留所間の距離を地図ソフトを用いて計測した。

また、自家用車で名古屋駅に向かう際におそらく使用されるであろう経路を複数本設定し、対象地域の最も外側の停留所からその経路を通過して名古屋駅まで向かう距離を測定した。

それらのデータをもとに、ダイクストラ法で最短経路と最短距離を算出した。

走行速度は、ラッシュ時の走行速度を名古屋市のピーク時平均旅行速度の 18.6km/h、1日全体の走行速度を、名古屋市の一般道路の 12 時間平均混雑度より 32.0km/h とし [3]、それらで最短距離を割ることによって名古屋駅までの所要時間を求めた。

### 6.3 結果

結果は以下ようになった (図 3)(図 4)。

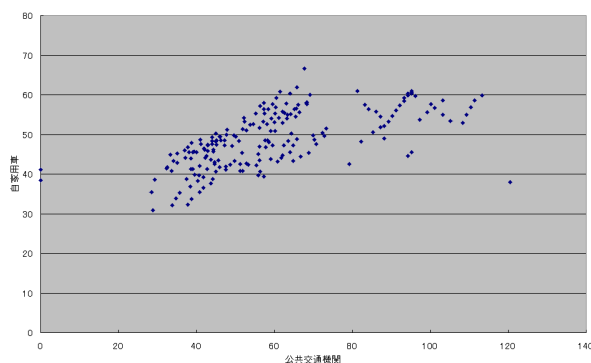


図 3 ラッシュ時に公共交通機関 (乗り換え一度可能) 又は自家用車で名古屋駅までにかかる所要時間の分布

乗り換えをしないと仮定した場合、ラッシュ時において、200 ある停留所のうち、公共交通機関を利用したほうが早く名古屋駅に到着できるのは 56 ケ所なのに対して、自家用車のほうが早く名古屋駅に到着できるのは 144 ケ所という結果になった。1日を通して考えると、200 の停留所全てにおいて自家用車のほうが早く到着できる。自家用車のほうが便利なのは明白である。

乗り換えを一度のみ有効としても、名古屋駅までの最

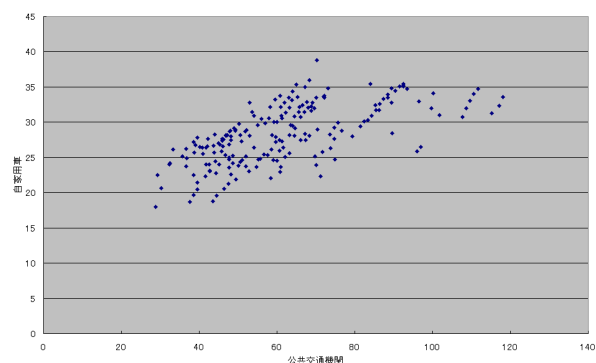


図 4 1日を通して公共交通機関 (乗り換え一度可能) 又は自家用車で名古屋駅までにかかる所要時間の分布

短時間については変化が見られなかった。しかし、これは緑区民が最もよく利用する地下鉄の駅・野並から名古屋駅までが乗り換えなしで行くことができるため、名古屋駅以外を目的地とした場合、利便性を高めるに十分な結果を得ることができる。各停留所から行くことが可能な地下鉄の駅についても大きな改善が見られ、選択肢が広がった (表 3)。

表 3 各停留所から行くことが可能な地下鉄の駅の数 (ラッシュ時)

駅数	乗り換え不可	一度のみ無料乗り換え可
0	23	2
1	78	14
2	58	38
3	23	120
4	11	14
5	1	6

また、全ての停留所において、少なくとも 1ヶ所の地下鉄の駅に辿り着くことが可能となった (表 4)。

表 4 1日を通して公共交通機関で名古屋駅に最短で行く際に経由する地下鉄駅別の始点数

路線	経由駅	改善前	改善後
桜通線	野並	108	123
鶴舞線	原	14	23
	平針	14	14
	植田	4	4
	塩釜口	1	1
	八事	13	13
名城線・桜通線	新瑞橋	17	16
	バス未使用	6	6
	到着できず	23	0

## 7 ロジットモデルを用いた予測

### 7.1 代表交通手段選択モデルの作成

Logit モデルを使用し、個人別トリップデータ及び交通手段別ネットワークを用いて、対象地域内の移動者の代表交通手段がどのようにして選択されているかを表現するモデルを作成する [2]。本来ならばバスの各系統について効用を調べるのだが、本研究では地下鉄の3路線を公共交通手段とし、自家用車の効用と比較する。

$$P_i = \frac{\exp(v_i)}{\sum_n \exp(v_n)}$$

名城線の効用:  $V_m = \delta_1 \times Mbustime_{ij} + \delta_2 \times Mtraintime_{ij} + \delta_3 \times Mfare_{ij} + \delta_4$

鶴舞線の効用:  $V_t = \delta_5 \times Tbustime_{ij} + \delta_6 \times Ttraintime_{ij} + \delta_7 \times Tfare_{ij} + \delta_8$

桜通線の効用:  $V_s = \delta_9 \times Sbustime_{ij} + \delta_{10} \times Straintime_{ij} + \delta_{11} \times Sfare_{ij} + \delta_{12}$

自家用車の効用:  $V_c = \delta_{13} \times Ctime_{ij} + \delta_{14} \times Cfare_{ij} + \delta_{15}$

$i$ :始点 (バス停留所 200ヶ所)

$j$ :終点 (地下鉄の駅 80ヶ所)

$P_i$ :路線  $k$  の選択確率

$v_i$ :選択された路線の効用値

$Mbustime_{ij}$ :新瑞橋までの所要時間 (分)

$Mtraintime_{ij}$ :新瑞橋から終点までの所要時間 (分)

$Mfare_{ij}$ :始点から終点までの費用 (円)

$Tbustime_{ij}$ :原八事等までの所要時間 (分)

$Ttraintime_{ij}$ :原八事等から終点までの所要時間 (分)

$Tfare_{ij}$ :始点から終点までの費用 (円)

$Sbustime_{ij}$ :野並までの所要時間 (分)

$Straintime_{ij}$ :野並から終点までの所要時間 (分)

$Sfare_{ij}$ :始点から終点までの費用 (円)

$Ctime_{ij}$ :自家用車で所要時間 (ゾーン代表点からの直線距離  $\times 1.4$  速度)(分)

$Cfare_{ij}$ :自家用車を使用した場合の費用 (円)

$\delta_{11}, \delta_{15}$ :パラメータ

### 7.2 パラメータの推定

パラメータの推定は、残差二乗和最小の原則に基づく最小二乗法が最も有効である。パーソントリップ調査で得られたデータの確率から予測された確率の差の二乗和が0に等しくなることが望ましい。

$$\min \sum_i \left( P_i - \frac{\exp(v_i)}{\sum_j \exp(v_j)} \right)^2$$

$P_i$ :実データの交通手段  $k$  の分担率

$v_j$ :ロジットモデルによる交通手段  $j$  の効用

表5 パラメータ推定結果

パラメータ	乗り換えなし	乗り換え無料
名城バス時間 $\delta_1$	-0.004400	-0.005059
名城地下鉄時間 $\delta_2$	-0.039890	-0.054486
名城費用 $\delta_3$	0.061210	0.092159
名城定数 $\delta_4$	3.878112	2.597882
鶴舞バス時間 $\delta_5$	-0.012835	-0.015900
鶴舞地下鉄時間 $\delta_6$	-0.012244	-0.054771
鶴舞費用 $\delta_7$	0.010219	0.114642
鶴舞定数 $\delta_8$	5.750585	1.799883
桜通バス時間 $\delta_9$	-0.001092	0.001802
桜通地下鉄時間 $\delta_{10}$	-0.059272	-0.058270
桜通費用 $\delta_{11}$	0.082786	0.098261
桜通定数 $\delta_{12}$	3.517809	2.408603
自家用車時間 $\delta_{13}$	-0.154965	-0.142482
自家用車費用 $\delta_{14}$	0.038195	0.034820
自家用車定数 $\delta_{15}$	1.235319	1.187418

### 7.3 パラメータ推定結果

時間に関するパラメータはほぼ全て負の値をとり、費用や定数に関するパラメータは正の値をとった。

野並駅に向かうまでの所要時間のパラメータ  $\delta_9$  については正負の符号が逆になっているのは、鶴舞線や名城線を経由した方が利便性が高い場合が多い停留所の多くが、バスで乗り換えをして無理やり野並駅に向かった結果、符合が逆転したものと思われる。

## 8 おわりに・今後の課題

当初はバスターミナルを緑区・天白区の中心に置く等の方向で研究を進めてきたが、従来の制度を変更する際の住民の負担等を考慮し、乗り換えをする方法を取った。

しかし、大きく利便性を高めることはできなかった。

また、データの取得ができなかったことも、今後の課題である。

### 参考文献

- [1] 名古屋市交通局ホームページ, <http://www.kotsu.city.nagoya.jp/>.
- [2] 土木学会:交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解法-, 土木学会,2000.
- [3] 交通工学研究会:平成11年度道路交通センサス・一般交通量調査,2001
- [4] 伊東寿音:名古屋市における交通行動の予測-中京都市圏パーソントリップ調査を用いて-, 南山大学大学院修士論文,2005
- [5] 宮花亜希子:名古屋市における交通行動の予測-地域特性の違いを考慮して-, 南山大学大学院修士論文,2005